

REMARKS

By the present amendment, claims 1 to 8 are pending in the application.

Claim 1 is the only independent claim.

Support For Claim Amendments

Claim 1

Support for the lower limit of Si being 0.54% may be found in the specification, e.g., at Table 1, page 30, where Example C-1 contains 0.54% Si which is the lowest Si amount in the Examples of the invention.

Support for the upper limit of Si being 0.65% may be found in the specification at page 10, line 22.

Support for the microstructure being “bainite or bainitic ferrite as a main phase” may be found in the specification, e.g., at page 18, lines 6 to 8.

Support for the yield ratio being “more than” 0.64 may be found in the specification, e.g., at page 13, lines 30 to 34 which discloses that the yield ratio is preferably more than 0.64.

Support for the limitation directed to the “maximum value of CTS” may be found in the specification, e.g., at page 15, lines 19 to 27.

§103

Claims 1 to 4 were rejected under 35 U.S.C. §103(a) as being unpatentable over Japan No. 2001-226741 to Kawabe.

Claims 5 to 8 were rejected under 35 U.S.C. §103(a) as being unpatentable over Japan No. 2001-226741 to Kawabe in view of Marder, Vol. 20 of ASM Handbook (1997), pages 1 to 10.

These rejections, as applied to the amended claims, are respectfully traversed.

The Present Invention

A main object of the present invention is to provide a steel sheet for a frame of an automobile having good spot weldability. The frame parts absorb impact at the time of collision and thereby function to protect the passengers. If the spot weld zone is not sufficient in strength, i.e., lowering CTS under a cross-joint tensile test caused by occurrence of expulsion and surface flash, at the time of collision, a sufficient collision energy absorption performance will not be able to be obtained.

If a high strength steel sheet is used, it is difficult to control current because of lowering expulsion and surface flash current. The contact area of the interface of the steel sheet is small and the current density is large at the time of the initial stage of the welding when strength is increased, as discussed in the attached High-Ten Handbook, p109 (published Japan Iron and Steel Association & Automobile Material Technical Research Group, 2008). In particular, regarding spot weldability, with a high-strength steel sheet, the weld zone strength falls. If welding by a welding current of the expulsion and surface flash region, the weld zone strength will remarkably drop or fluctuate. This problem is becoming a factor blocking expansion of the high-strength steel sheet market.

The present invention discovered the following for improving spot weldability caused by the expulsion and surface flash at the welding portions:

- 1) Controlling the steel sheet composition by coexisting a high Si content, which conventionally was considered to deteriorate weldability, with Ti, Nb, Mo and B in appropriate contents for increasing TSS and CTS even in the region of occurrence of expulsion and surface flash.
- 2) Specific amounts in the relationship among Ti, Nb, Mo and B, and Si, Mn.
- 3) It is necessary to satisfy the equation: Ti, Nb, Mo and B as $1.1 \leq 14 \times \text{Ti} (\%) + 20 \times \text{Nb} (\%) + 3 \times \text{Mo} (\%) + 300 \times \text{B} (\%) \leq 3.7$, along

with the specific amount of Si for improving weldability. Further, it is necessary to gently control a hardness distribution at nugget and HAZ portions.

As a result, the present invention can achieve the maximum value of CTS when welding test pieces by a welding current of CE 10 times as “1”, the maximum value of CTS when welding by a welding current of the region of occurrence of expulsion and surface flash: (CE + 1.5) kA is made 0.8 or more.

Experimental data: Fig. 1 attached hereto relates to spot weldability.

Regarding the hot-rolled Steel Nos. E-1 and E-2, Fig. 1 shows the value of CTS [$@ CE + 1.5$] / CTS min [$@ CE$]. “CTS min [$@ CE$]” is the minimum value of CTS when welding is carried out 10 times with a welding current of CE just before occurrence of expulsion and surface flash, and divided by “CTS min [$@ CE$]” with each CTS when welding carried out 10 times with welding current of [$CE + 1.5$] kA at which expulsion and surface flash occurs.

No. E-1 Steel contains Ti, Nb, Mo and B simultaneously and has a small CTS deviation in a welding current of [$CE + 1.5$] kA, and CTS [$@ CE + 1.5$] / CTS min [$@ CE$] is more than 0.9. On the other hand, No. E-2 Steel does not contain Ti, Nb, Mo and B and has large deviation in welding current of [$CE + 1.5$] kA, and CTS [$@ CE + 1.5$] / CTS min [$@ CE$] is less than 0.7, which has lower strength at the welded portion. In addition, No. E-2 Steel has about a 20% lowering of the value of strength at spot welding portions less than 0.8. On the other hand, No. E-1 Steel (present invention) has 0% lowering of the value of strength at spot welding portions less than 0.8.

Patentability

Japan No. 2001-226741 ("JP '741")

The technology disclosed in JP '741 relates to a high strength cold rolled steel sheet excellent in strength flanging workability having tensile strength of more than 780 MPa, where the steel sheet contains: C: 0.05 - 0.15%, Si: 0.05 - 0.50%, Mn: 2.5 - 3.5%, P \leq 0.02%, S \leq 0.0035%, Al \leq 0.1%, Ti: more than 0.001% and less than 0.05%, Nb: 0.005 - 0.08%, and optionally contains one or more of Cr, Cu, Ni, Mo, V, Zr, B, Ca, REM, and a balance of Fe and unavoidable impurities, and having a structure of fine bainite with an average grain size of 5 μ m or less as the main phase.

However, the present invention contains the restricted amount of Si: 0.54 to 0.65%, which is co-present with predetermined amounts of Mn and Ti, Nb, Mo and B, i.e., Ti: 0.01 to 0.055%, Nb: 0.012 to 0.055, Mo: 0.07 to 0.55% and B: 0.0005 to 0.0040% simultaneously for achieving the required yield ratio, ductility and spot weldability.

On the other hand, JP '741 contains Si: 0.05 - 0.50%, preferably 0.10 - 0.30%, and the Si content in Table 1 is 0.11 - 0.22%, which is not a high Si content of the present invention in a high strength steel. In this comparison, the present invention is a different steel from the steel disclosed or suggested in JP '741 in the point of the Si content.

Further, JP '741 contains Mn, Ti and Nb as an indispensable elements, and Mo and B as an optional elements which are not shown in Examples. On the other hand, the present invention contains a high Si content co-present with predetermined amounts of Mn and Ti, Nb, Mo and B, i.e., Ti: 0.01 to 0.055%, Nb: 0.012 to 0.055%, Mo: 0.07 to 0.55% and B: 0.0005 to 0.0040% simultaneously.

In addition, JP '741 does not disclose or suggest a characteristic feature of spot weldability, the maximum value of CTS when welding test pieces by a welding current of CE 10 times as "1", the maximum value of CTS when welding by a welding current in the region

of occurrence of expulsion and surface flash: $(CE + 1.5) KA$ is made 0.8 or more. JP '741 does not disclose or suggest a spot weldability as shown in the attached Fig. 1.

Therefore, the present invention is very different from the technology disclosed or suggested in JP '741.

Marder

Marder only discloses the common knowledge of hot dip coating. Marder does not disclose or suggest characteristic features of the relationship between the steel composition of the base steel sheet and spot weldability.

It is therefore submitted that amended independent claim 1, and all claims dependent thereon, are patentable over JP '741 alone or in view of Marder.

CONCLUSION

It is submitted that in view of the present amendment and foregoing remarks, the application is now in condition for allowance. It is therefore respectfully requested that the application, as amended, be allowed and passed for issue.

Respectfully submitted,

KENYON & KENYON LLP

By: John J. Kelly, Jr.
John J. Kelly, Jr.
Reg. No. 29,182

Dated: June 5, 2009

KENYON & KENYON LLP
One Broadway
New York, NY 10004
Telephone No. (212) 425-7200
Facsimile No. (212) 425-5288
CUSTOMER NO. 26646

ATTACHMENT

ハイテンハンドブック

HIGH-TEN HANDBOOK

*Published by Japan Iron and Steel
Association & Automobile Technica
Research Group (2008).*

*With Attached Partial English Translation
of Page 109.*

自動車用材料共同調査研究会 編纂



社団法人 日本鉄鋼協会
自動車用材料検討部会



社団法人 自動車技術会
材料部門委員会

自動車用材料共同調査研究会

ハイテンハンドブック

High Strength Steel Handbook

定 価 4,500 円 (消費税等込み、送料は本会負担)
会員価格 3,000 円 (消費税等込み、送料は本会負担)
発 行 日 平成 20 年 9 月 16 日
編 集 者 自動車用材料共同調査研究会
発 行 者 社団法人 日本鉄鋼協会
発 行 所 〒101-0048 東京都千代田区神田司町 2-2 新倉ビル 2 階
社団法人 日本鉄鋼協会
印 刷 所 ニッセイエプロ株式会社

©COPYRIGHT 2008 社団法人 日本鉄鋼協会

ISBN978-4-930980-68-7

本書に掲載されている記事の無断転載ならびに無断コピーを禁じます。

The publication, or any part of thereof, may not be reproduced in any form without the written permission of The Iron and Steel Institute of Japan.

複写される方へ

本会は下記協会に複写に関する権利委託をしていますので、本誌に掲載された著作物を複写したい方は、同協会より許諾を受けて複写して下さい。但し(社)日本複写権センター(同協会より権利を再委託)と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません。(社外頒布用の複写は許諾が必要です。)

権利委託先：(中法) 学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル

TEL 03-3475-5618 FAX 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp

なお、著作物の転載・翻訳のような、複写以外の許諾は、直接本会へご連絡下さい。

また、アメリカ合衆国において本書を複写したい場合は、次の団体に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.

222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA

TEL 1-978-750-8400 FAX 1-978-646-8600

(7) スプリングバックの解析精度向上への取り組み

スプリングバックのシミュレーションの精度向上に最も重要なファクターは材料モデルの精度向上である。材料モデルは成形下死点の前後での挙動をそれぞれ切り分けて考える必要がある。特に下死点以降の材料モデリングが重要である。すなわち、応力除荷時にどの様な応力ひずみ線図を用いるかである。この時に考慮すべき点は、パウシグンガー効果、加工硬化量、ヤング率のひずみ速度依存性などである。特に、加工硬化量予測は負荷応力方向や板厚内分布など、も考慮する必要がある。開発期間の短縮やハイテン利用ニーズの高まりもあり、早急の向上が望まれる。

3.2 溶接

鉄は、表 3.2-1 に示したその物性の特徴から他の金属より溶接が容易であり、従来より一般的に接合技術として溶接が用いられている。例えば、Al や Cu に比べて熱伝導度が小さく、局所的に加熱させやすい点、また Al に比べて酸素との親和力が低く、酸化物が溶接を阻害しにくいという特徴を有する。

近年、軽量で高剛性、高強度な車体が要望されている。中でも車体の材料種々の大半を占める鋼板においてはハイテンの適用が進んでいる。ハイテンに限らず、鋼板の溶接工法としては薄板は抵抗スポット溶接が使われ、厚板ではアーキ溶接が主流となっている。最近では、高速でかつ低歪で溶接が可能ならレーザー溶接の開発が進められている。

表 3.2-1 鉄の材料特性と溶接における特徴 ⁶¹⁻⁶³⁾

性質	Fe	Al	Cu	鉄の溶接における特徴
溶融温度 (°C)	1536	660	1083	高融点であるため熱影響部が形成され易い。
比熱 (J/kg・°C)	456	917	386	熱伝導度が低いので予熱、後熱処理による凝固割れ対策が容易である。
熱伝導度 (W/m・°C)	78	238	397	他の金属に比べて熱変形が少ない。
熱膨張係数 (10 ⁻⁶ /°C)	12.1	23.5	17	他の金属に対して低電流での抵抗溶接が可能である。
電気伝導率 (%)	16	62	98	酸化鉄の融点が鉄の融点よりも低い。
酸化皮膜	FeO	Al ₂ O ₃	Cu ₂ O	
酸化皮膜の融点 (°C)	1360	2020	1232	

3.2.1 抵抗スポット溶接

薄鋼板の接合に用いられる抵抗スポット溶接は、抵抗発熱（ジュール熱）を利用して金属接合を行う抵抗溶接法の一つである。図 3.2-1 に示すように板は水冷電極により挟まれ加圧された状態で通電される。その際、鋼板自体の電気抵抗および鋼板間の接触抵抗により発熱し、鋼板間の接触面を中心に凸レンズ状に溶融する。溶融部が凝固して、ナゲットと呼ばれる接合部が形成される。

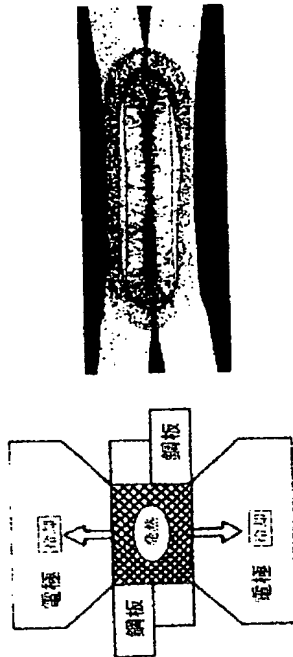
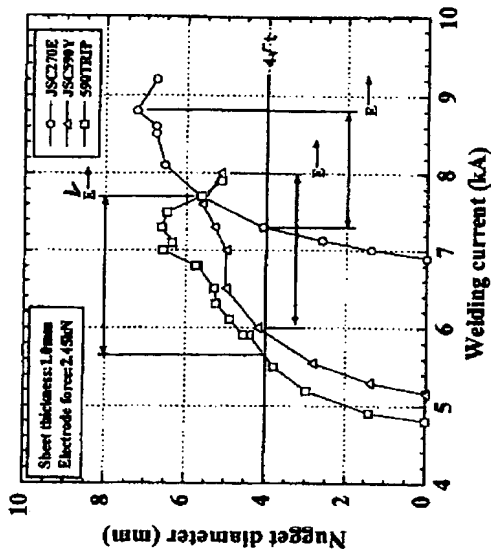
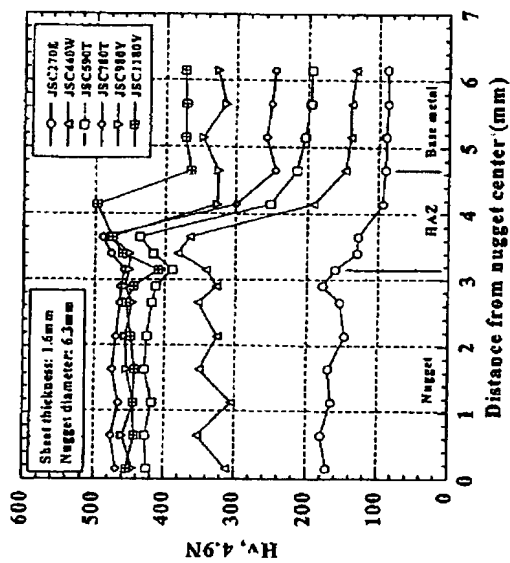


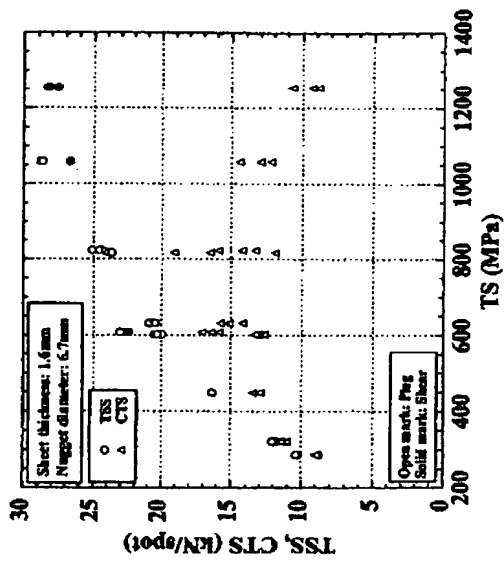
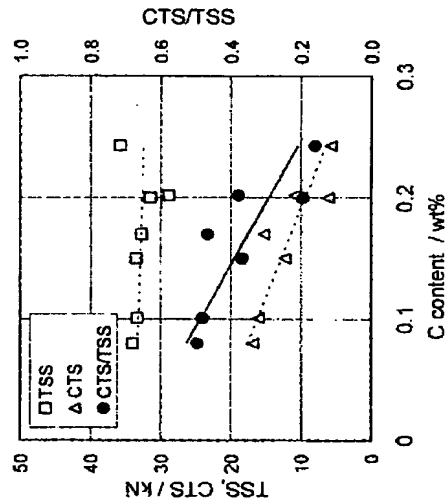
図 3.2-1 スポット溶接工法の模式図とナゲット部の断面観察写真 ⁶⁰⁾

図 3.2-2 に示すようにナゲットが形成される溶接電流値は軟鋼板 (JSC270E)、デュアルフェーズ鋼 (JSC590V)、TRIP 鋼 (590TRIP) の順に低下することが報告されており ⁶¹⁾、ハイテンの種類により適正電流範囲が異なることがわかる。これは、ハイテンの場合、材料強度を高くするため各種合金元素を添加するが、固有抵抗値が合金の添加量とともに増加するためである。また、材料強度が高いため溶接初期の板板界面の接触範囲が小さく電流密度が高くなることも影響していると考えられている ⁶²⁾。また、ナゲット部の硬さは通電後の急冷により母材に対して高い値を示す。その硬さは図 3.2-3 に示されるように母材強度が増加するほど高くなる傾向が報告されている ⁶³⁾。ただし、ナゲット硬さは炭素当量に比例して増加するため、例え強度に差があるハイテンでも炭素当量に差がない場合は、ナゲット硬さは近い値となる。また、超高強度化に伴い、熱影響部 (HAZ) の硬さが母材以下となる軟化域が認められる場合がある、HAZ 部軟化域が広がる場合、溶接強度への影響も考えられる。

図 3.2-2 ナゲット径に及ぼす溶接電流の影響⁵³⁾図 3.2-3 スポット溶接部における硬さ分布⁵³⁾

スポット溶接の継ぎ手強度の評価としては、せん断強さ（せん断方向の引張り荷重：TSS）と十字引張り強さ（はく離方向の引張り荷重：CTS）を指標とす

る場合が多い。一般的にハイテンそのものの引張り強度が高いほど、TSS の値は増加する傾向がある。それに対して、図 3.2-4 に示すようにデュアルフェーズ鋼 CTS は 590MPa 級までは増加するが、780MPa 級以上の引張り強度の鋼種では低下することが報告されている⁵³⁾。

図 3.2-4 せん断強さと十字引張り強さに及ぼす母材引張り強度の影響⁵³⁾図 3.2-5 炭素量と延性比の関係⁵³⁾

As shown in Fig. 3.2-2, it is reported that welding current for forming nugget lowers in order of mild steel sheet (JSC270E), dual-phase steel sheet (JSC590Y) and TRIP steel sheet (590TRIP), and an appropriate current range is different in accordance with a kind of High-Ten. In case of High-Ten, although various alloying element are added to increase strength, the resistibility value is increased in accordance with the additional amount of these alloying elements. Further, the increased current density is affected by a small contact area of the interface of the steel sheet at the time of initial stage of welding.